



**Fundusze
Europejskie**
Wiedza Edukacja Rozwój

Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



**„Monitoring parametrów hydraulicznych przepławki
w rejonie progu piętrzącego
zlokalizowano na rzece Wisła w km 425+950 przy
przepływach niskich”**





**Fundusze
Europejskie**
Wiedza Edukacja Rozwój

Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



Wykonawca:



ZAKŁAD BADAŃ EKOLOGICZNYCH

31-425 Kraków, ul Rogatka 9, tel. 12 412721, kom. 508 393988, NIP 676=102-23-95

Wykonano na zlecenie:

Wykonano na zlecenie Stowarzyszenia ekologicznego EKO-UNIA w ramach realizacji projektu pn. „Strażnicy dobrego stanu wód – monitoring regulacji środowiskowych”. Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014-2020 Nr projektu: POWR.02.16.00-00-0070/17-00

Wstęp.....	4
Opis terenu i metodyka.....	5
Możliwości pływackie ryb	11
Wyniki	15
Wnioski	17
Literatura	17

Wstęp

Wiele gatunków ryb podejmuje w większym lub mniejszym stopniu migracje w ramach swojego podstawowego zachowania. Wśród najbardziej znanych przykładów są wędrówki łososia i jesiotra (*Salmo salar*) i jesiotra (*Acipenser sturio*), które często pływają kilka tysięcy kilometrów, gdy wracają z morza na ich tereny tarłowe w rzekach. Oprócz gatunków wędrownych długodystansowych inne ryby i bezkręgowce podejmują mniej lub bardziej krótkotrwałe migracje z jednej części rzeki na inną w zależności od fazy swoich cykli życiowych.

Kształty ciała zarówno ryb, jak i bezkręgowców bentosowych (dennych) są optymalnie dostosowane do warunków przepływu ich siedlisk z których zasobów pokarmowych korzystają. Ryby przystosowane do szybko płynących górnych partii strumieni mają ciała w kształcie torpedy. To ewolucyjne dostosowanie zmniejszające opory ruchu. Ten kształt mają ryby reofilne, np. pstrąg potokowy, *Salmo trutta m. fario* lub strzebla, *Phoxinus phoxinus*). Inne gatunki również żyjące w wodach o szybkim nurcie ewolucyjnie dostosowały się do życia przydennego - tam z powodu oporów tarcia o dno szybkość wody jest niewielka. W ślad za tym poszło zmniejszenie rozmiarów ciała, np. u głowaczy, strzebli. W wodach wolno płynących lub stojących kształt i wielkość ryb wynika z dostosowania niszy pokarmowej lub ewolucyjnej strategii obronnej. Kształt leszcza uniemożliwia zjedzenie go np. przez szczupaka.

Ciągłość podłużna rzeki musi być zachowana lub przywrócona bez względu na wielkość rzeki, zakres modyfikacji struktury koryta, aktualną jakość wody lub interesy obecnych użytkowników. Przywrócenie połączeń podłużnych staje się ważne nawet dla obszarów rzecznych, których obecny stan ekologiczny umożliwia jedynie ograniczoną kolonizację przez organizmy wodne. FAO 2002 FISH PASSES Design, Dimensions and Monitoring. Rome, FAO, pp.119

Zalecenia do projektowania przepławek podają (FAO 2002), że różnica piętrzenia $h = 0,2$ m pociąga za sobą maksymalną prędkość prądową $2,0 \text{ m s}^{-1}$. Taka maksymalna różnica poziomu wody prowadzi do takiej aktualnej prędkości w warstwie tuż nad szorstkim dnem, która pozwala przejść rybom, które mają słabą wydajność pływania. Należy unikać spadków wody gdzie powodujących przepływ turbulentny. Dla bardziej technicznych konstrukcji maksymalne dopuszczalne nachylenie waha się od 1: 5 do 1: 10, w zależności od wybranej zasady konstrukcji, podczas gdy konstrukcje bliskie naturze powinny wykazywać maksymalne nachylenia mniejsze niż 1:15 odpowiadające naturalnej formie gwałtownych kaskad. Dopuszczalne jest jednak, aby nachylenie naturalnie wyglądającego przejścia dla ryb nie odpowiadało naturalnemu spadkowi rzeki w tym samym miejscu.

Basen spoczynkowy należy ustawić tak, aby objętościowe rozproszenie energii nie przekraczało 50 W m^{-3} objętości basenu.

Opis terenu i metodyka

Obszarem badań był istniejący, tymczasowy próg piętrzący wodę Wisły dla potrzeb Elektrowni Kozienice. Próg zlokalizowano na rzece Wisła w km 425+950, w okolicy miejscowości Świerże Górne. Badania przeprowadzono w dwóch cyklach pomiarowych wiosennym i jesiennym.

Próg wybudowany został jako „rozwiązanie tymczasowe”. Dla potrzeb niniejszej opinii pozyskano kopie dokumentacji technicznej dla progu tymczasowego.

Rzekomą przepławkę stanowić ma obniżenie konstrukcyjne progu w środku przegrody, rys. 1 i 2.

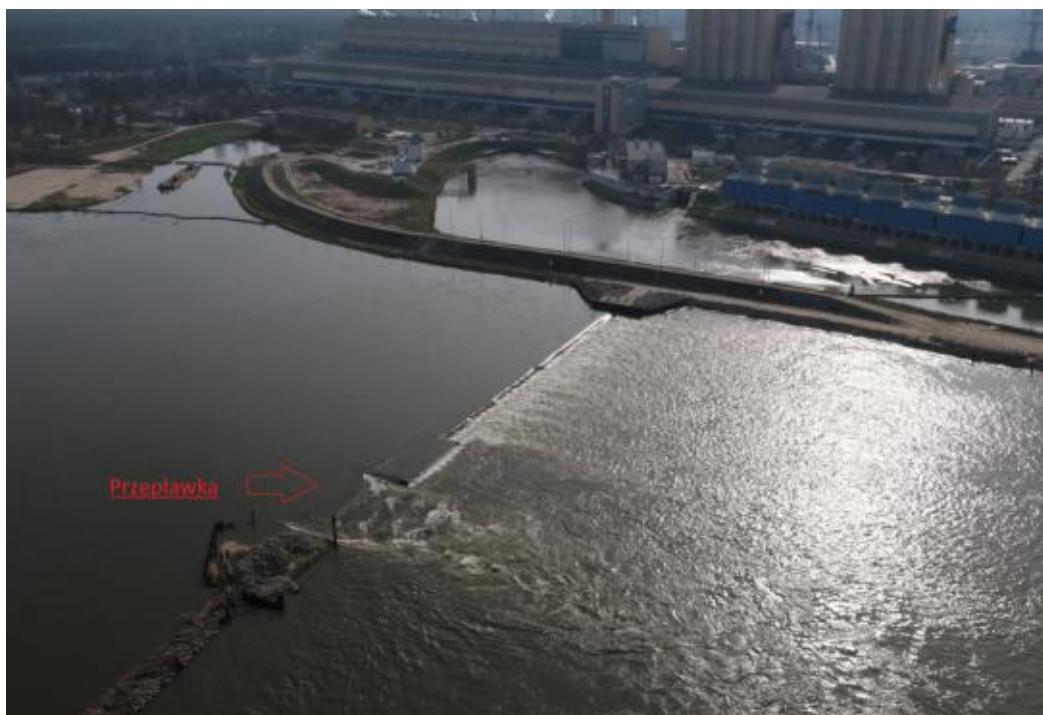
Po zapoznaniu się ze szczegółowymi technicznymi konstrukcji progu wykonano badania szybkości wody w szczelinie między główkami (ściankami larsenowymi) zapory w Kozienicach.

Badania wykonano przy przepływie 343 m/s.

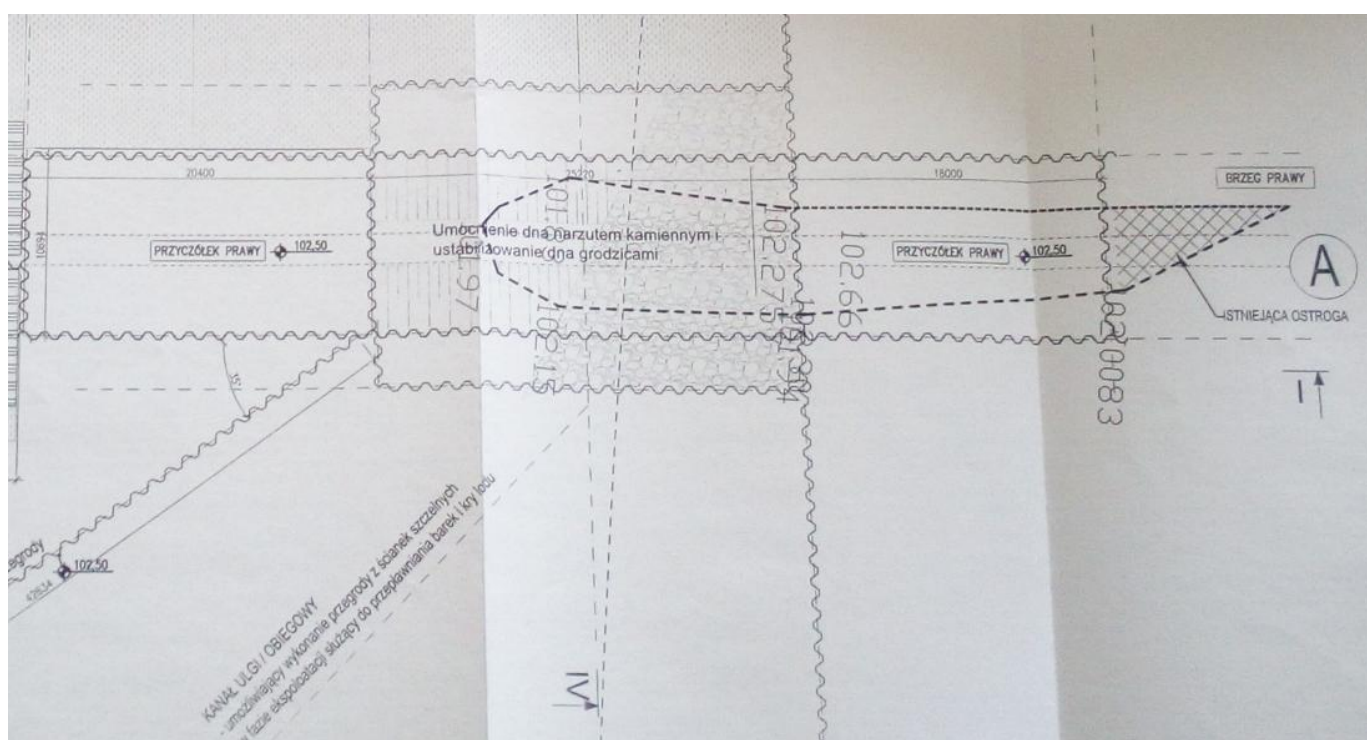
Przepływ odczytano dla wdsk. Dęblin, który znajduje się 18 km przed Kozienicami. Pomiary wykonano szwajcarskim przepływomierzem MiniWater20 firmy Schildknecht Messtechnik , certyfikowanej i zgodnej z :

- ISO 9001:2008 (quality management)
- ISO 17025:2005 (SCS 046 – accredited laboratory for flow and pressure)
- EN 13980 (ATEX – explosion protection)

Miejsca pomiaru pokazano na rys 3-5.



Rys. 1. Lokalizacja przeplawki na tle Elektrowni Kozienice



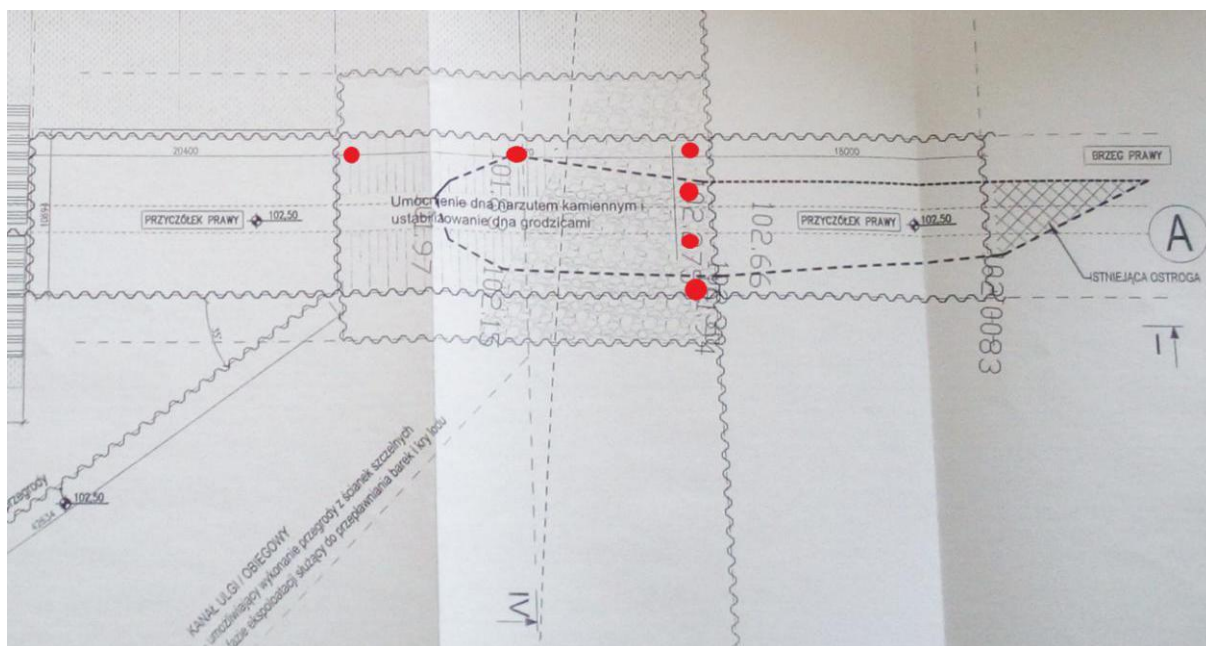
Rys.2. Lokalizacja przeplawki- dokumentacja techniczna progu tymczasowego.



Rys. 3. Schemat przejścia w zaporze Kozienickiej i układ punktów pomiarowych.



Rys. 4. Schemat przejścia w zaporze Kozienickiej i układ punktów pomiarowych.



Rys. 5. Schemat przejścia w zaporze Kozienickiej i układ punktów pomiarowych.



Rys. 6. Prawy brzeg Wisły i naturalnie ukształtowane obejście boczne istniejącego progu.



Rys. 7. Prawy brzeg Wisły i naturalnie ukształtowane obejście boczne istniejącego progu. Stan na 10 kwietnia 2019 r.



Rys. 8. Prawy brzeg Wisły i naturalnie ukształtowane obejście boczne istniejącego progu. Stan na 15 czerwca 2019 r.



Rys. 9. Prawy brzeg Wisły i naturalnie ukształtowane obejście boczne istniejącego progu. Stan na 22 września 2019 r.



Rys. 10. Prawy brzeg Wisły i naturalnie ukształtowane obejście boczne istniejącego progu. Stan na 22 września 2019 r.



Rys. 11. Prawy brzeg Wisły i naturalnie ukształtowane obejście boczne istniejącego progu. Stan na 22 września 2019 r.

Możliwości pływackie ryb

Dane o możliwościach pływackich zwłaszcza ryb łososiowatych podawane przez polskich autorów wymagają weryfikacji z innymi badaniami. Handeland i in., 2003, 2008 podają, że łosoś atlantycki osiąga prędkość krytyczną U_{crit} jako miara szczytowych możliwości pływania w 18 °C. Ten gatunek przez większość swojego cyklu życia po smoltyfikacji doświadczy temperatur poniżej 8 °C (Reddin, 1985; Lacroix, 2013; Jensen i in., 2014), a może nawet behawioralnie unikać temperatur powyżej 15 °C (Johansson et al., 2009; Lacroix, 2013).

Łosoś atlantycki jest intensywnie badany ze względu na kwestie ochrony i jego znaczenie gospodarcze w akwakulturze. Hvas et al. 2017 badali łososie atlantyckie (~ 450 g) na dużym respiratorze pływackim. Krytyczna prędkość pływania osiągnęła szczyt w 18 °C ($93,1 \pm 1,2 \text{ cm s}^{-1}$) i znacznie spadła w ekstremalnych temperaturach do $74,8 \pm 0,5 \text{ cm s}^{-1}$ i $84,8 \pm 1,6 \text{ cm s}^{-1}$ odpowiednio w 3 °C i 23 °C. **W 23 °C skumulowana śmiertelność osiągnęła 20% w ciągu czterech tygodni, podczas gdy żadna ryba nie umarła podczas aklimatyzacji w niższych temperaturach. Ponadto ryby w temperaturze 23 °C miały słaby apetyt i niższy**

współczynnik kondycji, mimo że nadal miały wysoki metabolizm tlenowy.

Remen et al. 2016 badali prędkości krytyczne pływania U_{crit} łososia atlantyckiego w grupach 3 klas wielkości (małe postsmolty, duże postsmolty i dorosłe) w tunelu do pływania. Możliwości pływackie U_{crit} (w cm s^{-1}) zwiększały się z rozmiarem. Wyniki sugerują, że U_{crit} może być stosowane jako maksymalny próg tolerancji prędkości prądu w akwakulturze, gdzie dłuższe okresy powyżej tej wartości byłyby szkodliwe dla dobrostanu i funkcji fizjologicznej ryby.

W dużym tunelu pływackim U_{crit} zwiększało się z klasą wielkości od $80,6 \pm 0,5$ do $90,9 \pm 1,2$ i $99,5 \pm 3,7 \text{ cm s}^{-1}$ u małych postsmoltów ($80 \pm 1 \text{ g}$), u dużych postsmoltów ($289 \pm 9 \text{ g}$) i dorosłych ($1750 \pm 175 \text{ g}$), odpowiednio. W doświadczeniach MacNutt et al. 2006, łososie *Oncorhynchus gorbuscha* długości ($FL = \text{fork length}$) 53.5 cm i *Oncorhynchus nerka* 59.3 cm pływały z podobną szybkością $2,25 \text{ FL s}^{-1}$. Łosoś *O. nerka* pływał do wyższego bezwzględnego U_{crit} ($125,9 \text{ cm s}^{-1}$) niż łosoś *O. gorbuscha* ($116,4 \text{ cm s}^{-1}$) ze względu na ich większy rozmiar. Niemniej jednak trzy łososie *O. gorbuscha* ($U_{crit-max} = 173,6 \text{ cm s}^{-1}$) pływały szybciej niż jakikolwiek łosoś *O. nerka* ($U_{crit-max} = 157,0 \text{ cm s}^{-1}$), co wskazuje, *O. gorbuscha* jest znacznie lepszym pływakiem niż wcześniej zakładano.

Zakładając, że migrujące trocie i lososie mają długość *fork length* FL 0.7 m to wyliczona prędkość $U_{krytyczne}$ wyniesie $2,25 \times 0,7 = 1.57 \text{ m s}^{-1}$. Większe ryby mają odpowiednio większe możliwości pływackie a mniejsze ryby mniejsze.

Wytyczne dla przepławek

Przed wszystkim przepływ wody na przepławce nie może być zbyt turbulentny - miarą turbulencji jest współczynnik rozproszenia energii „E” (DWA-M 509, 2010.2014. **Norma** Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung: Merkblatt DWA-M 509 (Entwurf) **wymaga aby urządzenia dla migracji pozwalały na migrację w zadowalającym stopniu największych jak i najslabszych gatunków.** Wielkość rozpraszania energii w przepławkach bliskich naturze powinna być mniejsza niż:

W krainie brzany 150^* ; 200 W/m^3

W krainie leszcza 125^* ; 175 W/m^3

W krainie jazgarza i stynki 100^* ; 150 W/m^3

Dla gatunków małych i narybku 100 W/m^3

* – wartości dla przepławek szczelinowych.

Podręcznik FAO 2002 zaleca: volumetric power dissipation should not exceed $E = 150 \text{ W/m}^3$ in general, or $E = 200 \text{ W/m}^3$ within the salmonid region, in order to ensure low-turbulence flows in the pools.

Małe ryby zostają „splukane z przepławki w dół” w ciągu 3 minut gdy prędkość prądu przekracza około 6 krotną długość ciała/sek, Cowx i Welcomme 1998. **Dla większości gatunków europejskich prędkość pływania V jest w zakresie 0.7 - 0.9 m/sek**, Malevanchik i Nikonorov 1984.

Videler (1993) podał równanie dla ryb o długości < 0.50 m pozwalające wyliczyć maksymalną prędkość pływania (m/s) w relacji do długości ciała L (m):

$$V_{\max} = 0.4 + 7.4 L$$

Po przeliczeniu dla zakresu obowiązywania równania uzyskujemy prędkości maksymalne $V_{\max}$:

Tabela 1. Prędkości maksymalne

Długość ryby L [m]	Krotność długości ciała	m/s
0.1	1.14	0.114
0.2	1.88	0.376
0.3	2.62	0.786
0.4	3.36	1.344
0.5	4.1	2.05

Marszową prędkość pływania określa równanie $V_{cr} = 2.3 L^{0.8}$

Tabela 2. Marszową prędkość pływania

Długość ryby L [m]	V marszowa [m-s]
0.1	0.36
0.2	0.63
0.3	0.88
0.4	1.11
0.5	1.32

Dla dorosłego łososa maksymalna prędkość wynosi 1.7 do 2.5 m/s, dla smoltów łososa o długości 0.15-0.20 m około 0.50-0.60 m/s, dla 60 cm pstrąga w zależności od długości osobniczej do 1.3 m/s a, Videler (1993) .

Tabela 3. Graniczne prędkość dla łososa i pstrąga

Ryba	Wymiar [cm]	V [m-s]
Dorosły łosoś	60	1.7-2.5
Smolty łososa	0.15-0.20	0.50-0.60
Pstrąg	60	1.3

Dla okonia amerykańskiego Peake 2004 ustalił na bieżni dla ryb, że krytyczna prędkość prądu wynosi 65- 98 cm/s dla osobników o długości 24-44 cm, Dla stadiów juvenilnych prędkość prądu nie powinna być większa niż 25 cm/s, Del Signore i in. 2016. Przez analogię te same wartości możemy przyjąć dla europejskich okoni.

W przypadku łososa/troci/pstrąga cechą charakterystyczną jest to, że te gatunki próbują przeskakiwać przeszkody. Obserwowano że maksymalna częstotliwość skoków łososa miała miejsce w strefie prędkość przepływu rzędu 1,0-1,5 m/sek. Odpowiada to maksymalnej prędkości przemieszczania się gatunków o średniej długości cm został określonej na 132,8 cm/sek. Jest to zgodne z obserwacjami telemetrycznymi, Poddubniy, 1971, które wskazują, że łosoś *Salmo salar* często pokonuje prędkość przepływu 0,8 m/s, ale ma tendencję do dryfowania z powrotem, gdy prąd osiąga 1,2 m /sek. Wynika z tego, że granicą strefy wyszukiwania przejścia jest linia, wzdłuż której prąd ma prędkość równą prędkości maksymalnej pływania ryb.

Przy rozważaniach o roli szybkości prądu należy wspomnieć, że progowa prędkość prądu wymagana dla orientacji ryb to 1 – 30 cm/s.

Tabela 4. Krytyczne wartości prądu U_{crit} , LT – krotność długości całkowitej ryby.

Gatunek	L [cm]	U_{crit} m s ⁻¹	LT s ⁻¹	
Karp <i>C. carpio</i>	11	0,59	5,2	Bainbridge (1958)
Karaś złocisty <i>Carassius auratus auratus</i>	6	0,42	7,0	Bainbridge (1960)

Kiełb <i>Gobio gobio</i>	10 12,3	0,54 60		Tudorach et al. (2007)
Płoć <i>Rutilus rutilus</i>	15,7	1,11		Tudorach et al. (2007)
Pstrąg potokowy. <i>S. trutta fario</i>	7,8	65,4		Tudorach et al. (2007)
Karp <i>C. carpio</i>	22,8	87,1		Tudorach et al. (2007)
Okoń <i>Perca fluviatilis</i>	17,8	113		Tudorach et al. (2007)
Węgorz <i>Anguilla anguilla</i>	77,3	94 (64 optymalna)		Tudorache et al 2015
Brzana <i>Barbus bocagei</i>		0·81 ± 0·11	3·1 ± 0·86	Mateus i in 2008

Wyniki

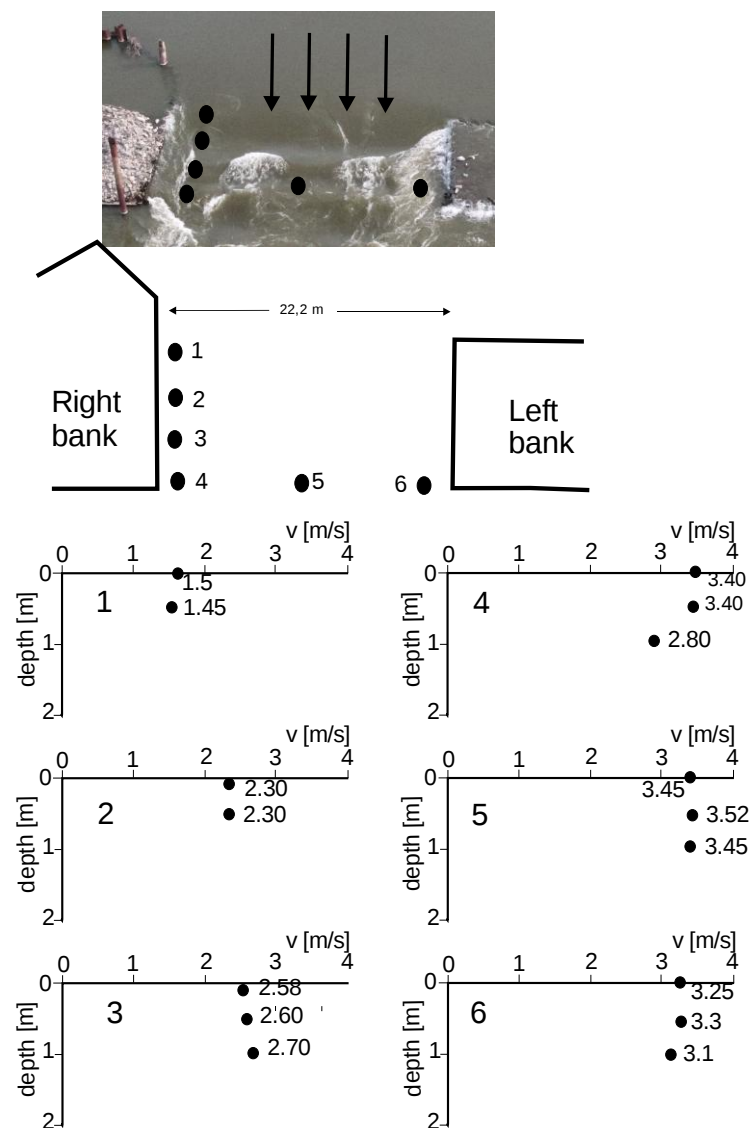
Maksymalne pomierzone prędkości wody wynosiły 3.52 m/s, rys 6, tab.5. Jedynie od strony wody górnej, gdy woda jeszcze się nie rozpędziła prędkość przepływu była na poziomie 1.5 m/s.

W pozostałych miejscach była znacznie wyższa.

Uwaga. W trakcie prowadzenia prac terenowych (wiosennych pomiarów) doszło do uszkodzenia urządzeń pomiarowych. Prędkość wody na progu uszkodziła mechanizm przystosowany do pomiarów prędkości wód w przedziale do 5m/s !! Domniemywać zatem można, że punktowo prędkości te są znacznie większe od pomierzonych.

Kolejne wizyty na obiekcie potwierdziły postępującą erozję boczną na prawym brzegu. W efekcie w dniu 22 września 2019 udokumentowano blisko 30 metrowej szerokości obejście boczne zlokalizowane na tym brzegu. W efekcie ukształtowanej struktury przestrzennej cały przepływ wód Wisły dzielony jest na - pobór dla potrzeb Elektrowni, „przepławkę” oraz naturalne obejście boczne progu.

Dwukierunkowa migracja ryb przy obecnym układzie (z szerokim naturalnym obejściem bocznym) nie powinna stanowić problemu (z pominięciem śmiertelności ryb wynikającego z poboru wód do procesu chłodzenia Elektrowni).



Rys. 11. Schemat przejścia w zaporze Kozienickiej i układ punktów pomiarowych .

Tabela 5. Wyniki pomiarów prędkości wody przejściu w zaporze kozienickiej. Punkty pomiarowe, jak na rysunku 3-5 i 11

	Numer punktu					
Głębokość [m]	1	2	3	4	5	6
0	1.50	2.30	2.58	2.55	2.90	2.50
0.3						
0.5	2.70	2.50	2.90	2.54	3.52	3.32
1.0	2.80		2.70	2.80	3.44	3.10

1.5				2.51		
-----	--	--	--	------	--	--

Wnioski

- **Prędkość prądu w szczelinie progu kozienickiego sięgając może co najmniej 3.52 m/s. Tak wysoka prędkość uniemożliwia przejście ryb w górę rzeki stanowiąc trwałą barierę migracyjną.** Dla większości gatunków europejskich ryb prędkość pływania V jest w zakresie 0.7 - 0.9 m/sek. Dla łososia maksymalna prędkość wody jaką jest w stanie pokonać, waha się w przedziale 1.7 do 2.5 m/s, dla 60 cm pstrąga w zależności od długości osobniczej około 1.3 m/s a dla smoltów łososia o długości 0.15-0.20 cm jest to już prędkość 0.50-0.60 m/s.
- **Jak wskazano w treści opracowania, domniemywać można, że punktowo prędkości te były znacznie większe od pomierzonych.**
- **Jedyna możliwość przejścia jedynie dużych ryb jest pod prawym brzegiem, gdzie woda zrobiła sobie obejście progu, rys 6-11.**
- **W efekcie ukształtowanej struktury przestrzennej (szerokie obejście boczne) cały przepływ wód Wisły dzielony jest na pobór dla potrzeb Elektrowni, „przeplawkę” oraz właściwe naturalne obejście boczne progu.**
- **W dniu kończenia badań terenowych tj. 22 września 2019 r. dwukierunkowa migracja ryb przy obecnym układzie (z szerokim naturalnym obejściem bocznym) nie powinna stanowić problemu. Stwierdzenie to nie uwzględnia zagrożeń i śmiertelności ryb wynikającego z poboru wód do procesu chłodzenia Elektrowni czy nadmiernej presji wędkarskiej.**
- **Likwidacja objęcia bocznego, ponownie zablokuje migracje ryb ! Należy dążyć do jego zachowania (obejścia) bez jakiegokolwiek ingerencji inżynierskiej do czasu rozebrania larsenowej grodzy.**

Literatura

- Baldwin, N. W.(1956). Food consumption and growth of brook trout at different temperatures. Transactions of the American Fisheries Society 86, 323-328
- Beitinger et al. 2000. Temperature Tolerances of North American Freshwater Fishes Exposed to Dynamic Changes in Temperature.
- Bleninger T., G.H. 2011. **Mixing zone regulation for effluent discharges into EU waters.** W: Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Water Management 164 , 8, September 2011, pp. 387-396

- Brett J.R. 1944. Some lethal temperature relations of Algonquin park fishes. Univ. Toronto Studies, Biol. Ser. 52, pp.49.
- Chadwick, Joseph G. Jr, "Temperature Effects on Growth and Stress Physiology of Brook Trout: Implications for Climate Change Impacts on an Iconic Cold-Water Fish" (2012).Masters Theses 1911 - February 2014. 897.Retrieved from <https://scholarworks.umass.edu/theses/897>
- Cherry D.S., Dickson K.L., Cairns J. Jr. 1977. Preferred, avoided, and lethal temperatures of fish during rising temperature conditions. J. Fish. Res. Board Can. t4:239-24
- Cocking, A.W. 1959. The effects of high temperatures on roach (*Rutilus rutilus*). II. The effects of temperature increasing at a known rate. J. Exp. Biol. 36: 217–226.
- Dwyer, W. P., Piper, R. G., and Smith, C. E.(1983). Brook Trout Growth Efficiency As Affected by Temperature. Progressive Fish-Culturist45, 161-163
- ELI: <http://data.europa.eu/eli/dir/2006/44/oj>
- Hasnain S.S., Minns C.K. Shuter B.J. 2010. Key Ecological Temperature Metrics for Canadian Freshwater Fishes. Climate change research report ; CCRR-17.
- Videler J.J. 1993. Fish swimming. London, Chapman and Hall. Pp 260